

УДК 674.093.4

Е. А. Леонов, ассистент (БГТУ);**А. С. Федоренчик**, кандидат технических наук, профессор (БГТУ)

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СКЛАДА ДРЕВЕСНОГО ТОПЛИВА

В статье произведено имитационное моделирование, позволяющее достоверно определять оптимальную величину межсезонного запаса топливной древесины как на складе потребителя, так и на промежуточных складах предприятий с учетом неравномерности поставок и потребления сырья в течение года, влажности и потерь древесного вещества при длительном открытом кучевом хранении, типа покрытия площадки склада и применяемой системы машин. С использованием данной методики представляется возможным решение задач проектирования межсезонных складов древесного топлива без капитальных затрат на строительство, определения загрузки склада и применяемых машин в течение года.

The article produced imitation modeling which allows to determine the optimum value was significantly off-season supply of fuel wood as a user stock, and at intermediate warehouses of the enterprises in the light of uneven supply and consumption of raw materials during the year, humidity, and loss of wood substance during long-term open-cumulus storage covering areas such as warehouse and used a system of machines. With the use this method is possible to solve design problems between seasons storage of firewood without capital construction costs, the definition of load-store and used machines for a year.

Введение. Республика Беларусь в среднем за год потребляет энергии в эквиваленте 35 млн. тонн условного топлива (т у. т.) и лишь на 16% обеспечивается собственными ресурсами. Годовые затраты на импорт топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) превышают 2 млрд. дол. США. Повышение энергетической безопасности республики от внешних поставщиков ТЭР – стратегическая задача развития страны на ближайшую пятилетку. Реализация потенциала древесного топлива Беларуси, являющегося возобновляемым источником энергии, позволит дополнительно покрыть до 12–14% энергетических потребностей страны, решить проблему утилизации образующихся в лесном комплексе отходов, создать новые рабочие места, снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу [1, 2].

Решение данной проблемы усложняется в связи с неравномерностью и стохастичностью процессов заготовки и потребления древесного сырья, отсутствием практического опыта совместной заготовки деловой и топливной древесины и необходимостью использования для этих целей одной и той же системы машин. Устойчивое обеспечение энергетических объектов древесным топливом в условиях сезонного характера его производства и потребления возможно при создании складов межсезонного хранения древесного топлива.

Проектирование межсезонных складов топливной древесины из-за отсутствия нормативной базы приводит к завышению или занижению запасов топлива, перебоям в поставках и удорожанию стоимости энергии [3, 4].

1. Имитационное моделирование функционирования межсезонных складов древес-

ного топлива. С целью комплексной оценки процессов сбора, транспортировки, хранения, измельчения и потребления древесного топлива, характеризующихся стохастичностью протекания, необходимостью эксплуатации различных систем машин в отличающихся природно-производственных условиях, а также изменением во времени характеристик древесного топлива при открытом хранении разработан алгоритм расчета вероятностей состояния склада древесного топлива и общих удельных эксплуатационных затрат, учитывающий вышеперечисленные факторы [5].

Для оценки функционирования межсезонных складов предприятий, имеющих различные мощности и годовой объем потребления сырья, введено понятие относительной вместимости склада. Данный параметр является безразмерной величиной и выражает возможность размещения межсезонного запаса древесного топлива в количестве среднемесячных объемов производства [5].

В целях обоснования оптимальной вместимости межсезонного склада древесного топлива разработана математическая модель, в которой склад рассматривается как система «поставщик (транспортное средство) – склад древесного топлива – потребитель (котельная или мини-ТЭЦ)» с ограниченной относительной вместимостью. Для такой системы состояния основных фаз на конец каждого месяца характеризуются месячными коэффициентами неравномерности поставки и потребления. Предлагаемая модель работает с допущением, что суммы объемов поставок древесного топлива и его потребления за год равны между собой.

Выведена целевая функция удельных эксплуатационных затрат по содержанию межсезонного склада древесного топлива, которая учитывает вероятности отсутствия сырья на складе и его переполнения, зависящие от величины относительной вместимости склада, параметров поставки и потребления древесного топлива, применяемой системы машин и инфраструктуры; выбран критерий оптимальности.

2. Результаты имитационного моделирования функционирования межсезонных складов древесного топлива. В качестве примера, с учетом установленных ранее законов и функций распределения коэффициентов неравномерности поставок ($K^П$) и сжигания ($K^С$) древесного сырья, для складов предприятий ЖКХ Витебской обл., Городокского ЖКХ и Вилейской мини-ТЭЦ при помощи имитационной модели функционирования склада древесного топлива на ЭВМ рассчитаны вероятности отсутствия древесного сырья на складе ($P_{отс}$) и его переполнения ($P_{пер}$) в зависимости от относительной вместимости склада межсезонного хранения древесного топлива ($W_{скл}$). Для получения результата с достоверностью 0,99 произведен расчет необходимого числа итераций. Число повторов для каждого значения составило 1200, что соответствовало 100 годам работы межсезонного склада.

Результаты расчетов представлены графически на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что вероятности переполнения склада древесным топливом ($P_{пер}$) и отсутствия его на складе ($P_{отс}$) для рассматриваемых предприятий резко снижаются с ростом относительной вместимости склада до 3,5–4,5 среднемесячных объемов поступления на него сырья, независимо от его производственной мощности и месторасположения. В дальнейшем это снижение незначительно.

Так, увеличение относительной вместимости складов $W_{скл}$ ЖКХ Витебской обл. и Городокского ЖКХ с 0,5 до 4,5 среднемесячных объемов производства приводит к снижению $P_{отс}$ с 0,45 до 0,08 (на 82%) и с 0,45 до 0,11 (на 75%) соответственно и к снижению $P_{пер}$ с 0,45 до 0,03 (на 93%) и с 0,43 до 0,04 (на 90%) соответственно. При дальнейшем увеличении $W_{скл}$ до 6,0 среднемесячных объемов производства величины $P_{отс}$ и $P_{пер}$ снижаются только до 0,05, 0,09, 0,01 и 0,01 соответственно (на 7, 5, 5 и 7%).

Увеличение относительной вместимости склада $W_{скл}$ Вилейской мини-ТЭЦ с 0,5 до 3,5 среднемесячных объемов производства приводит к снижению $P_{отс}$ и $P_{пер}$ с 0,41 до 0,07 (на 83%) и с 0,41 до 0,08 (на 80%) соответственно. При дальнейшем увеличении $W_{скл}$ до 6,0 среднемесячных объемов производства величины $P_{отс}$ и $P_{пер}$ снижаются только до 0,01 и 0,02 соответственно (на 14% и 15%).

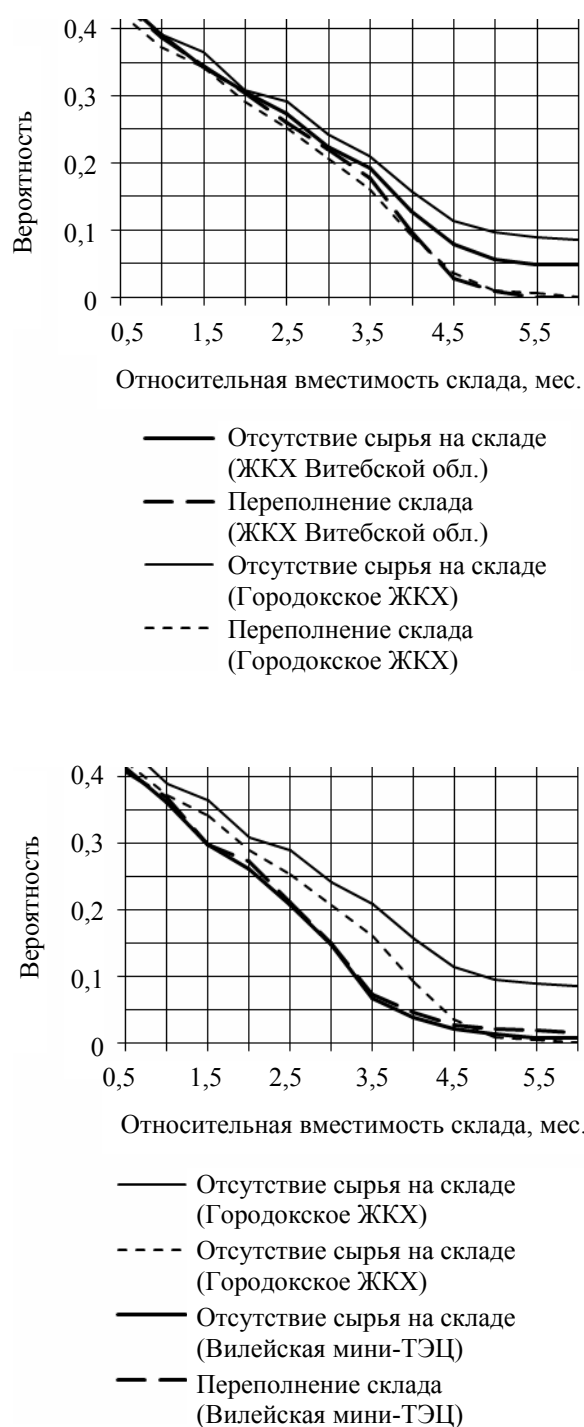


Рис. 1. Зависимости вероятностей отсутствия сырья на складе и его переполнения от относительной вместимости склада

Существенное влияние на данные предельные вероятности ($P_{отс}$ и $P_{пер}$) оказывают грузооборот склада древесного топлива и его территориальное расположение. На основании приведенных исследований установлено, что для более крупных поставщиков и потребителей древесного топлива юга республики эти вероятности значительно ниже, чем для более мелких севера республики. Так, при

величине $W_{\text{скл}}$, равной 4,5 среднемесячных объемов производства, значения вероятностей $P_{\text{отс}}$ и $P_{\text{пер}}$ Городокского ЖКХ на 27% и 25% соответственно выше, чем ЖКХ Витебской области, и на 82% и 25% соответственно выше, чем Вилейской мини-ТЭЦ.

Значения вероятностей отсутствия сырья на складе ($P_{\text{отс}}$) и его переполнения ($P_{\text{пер}}$) позволили на основании целевой функции определить оптимальные вместимости складов древесного топлива рассматриваемых предприятий, рассчитанных с помощью ЭВМ.

В состав целевой функции помимо вероятностных параметров, изменяющихся в зависимости от относительной вместимости склада древесного топлива, входят также постоянные экономические параметры его функционирования (взяты как средние производственные по Беларуси).

На рис. 2 на основании разработанной математической модели и расчетов, выполненных на ЭВМ, представлены оптимальные значения относительной вместимости различных межсезонных складов древесного топлива.

Из рис. 2 видно, что устойчивая и эффективная работа межсезонных складов древесного топлива достигается в зависимости от производственной мощности и месторасположения при их относительной вместимости в пределах 3,5–4,5 среднемесячных объемов производства.

Для ЖКХ Витебской области и Городокского ЖКХ при увеличении относительной вместимости склада древесного топлива с 0,5 до 4,5 среднемесячных объемов производства удельные эксплуатационные затраты снижаются на 33% и 29% соответственно. Дальнейшее увеличение относительной вместимости складов с 4,5 до 6,0 среднемесячных объемов производства приводит к росту удельных эксплуатационных затрат на 19% и 18% соответственно прежде всего за счет роста эксплуатационных затрат по содержанию площадки склада. Для Вилейской мини-ТЭЦ при увеличении относительной вместимости склада древесного топлива с 0,5 до 3,5 среднемесячных объемов производства удельные эксплуатационные затраты снижаются на 38%. Дальнейшее увеличение относительной вместимости склада с 3,5 до 6,0 среднемесячных объемов производства приводит к росту удельных эксплуатационных затрат на 31% по аналогичной причине.

Для потребителей древесного топлива юга республики требуются склады меньшей относительной вместимости (3,5 среднемесячных объемов производства) по сравнению с потребителями севера республики (4,5 среднемесячных

объемов производства) республики. При этом годовые удельные эксплуатационные затраты потребителей юга Беларуси до 15–20% ниже, чем севера Беларуси.

Крупные потребители (мини-ТЭЦ) древесного топлива, расположенные, например, в областных или крупных районных центрах, сталкиваются с проблемой отсутствия необходимых площадей под строительство склада требуемой вместимости (3,5–4,5 среднемесячных объемов производства). Решением данной проблемы является использование промежуточных складов, которые располагаются за городом, но имеют надежное транспортное сообщение со складом потребителя. При этом часть древесного топлива хранится на промежуточных складах, а часть – на складе потребителя.

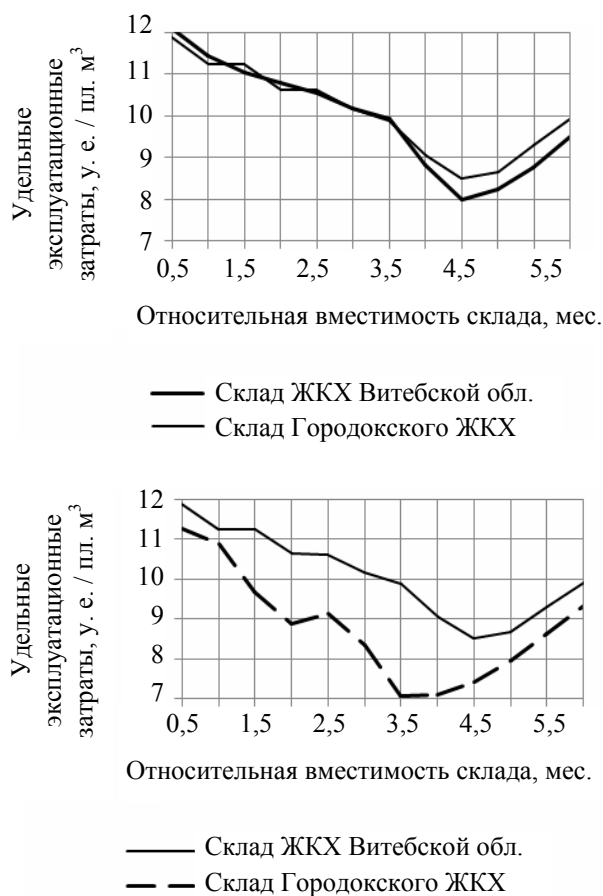


Рис. 2. Значение целевой функции удельных эксплуатационных затрат при организации запаса древесного топлива без промежуточных складов

Для определения оптимальных значений межсезонного запаса древесного топлива при различных соотношениях (промежуточный склад / склад потребителя) доли размещаемого сырья, в рамках разработанной математической модели, нами был проведен ряд исследований. Результаты, применительно к Вилейской мини-ТЭЦ, представлены на рис. 3.

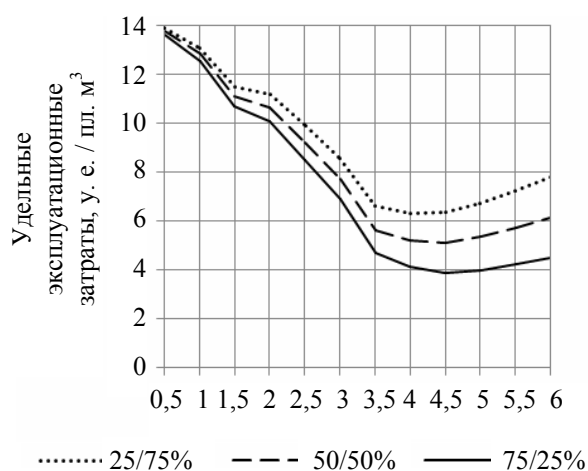


Рис. 3. Значение целевой функции годовых удельных эксплуатационных затрат при организации запаса древесного топлива с промежуточными складами в условиях Вилейской мини-ТЭЦ

Из рис. 3 видно, что для эффективной организации устойчивой поставки древесного топлива целесообразно основной запас сырья размещать на промежуточных складах у дорог круглогодичного пользования. При этом возможно существенное снижение (в 2–2,2 раза) годовых удельных эксплуатационных затрат.

Важным практическим значением целевой функции является отсутствие ярко выраженного минимума. Это позволяет широко регулировать диапазон вместимости склада древесного топлива без риска существенного роста денежных затрат. Этот диапазон регулирования имеет предпочтительную направленность в сторону увеличения относительной вместимости склада $W_{\text{скл}}$, когда складские затраты относительно невелики.

Выводы. 1. Оценка устойчивого обеспечения энергетических объектов древесным топливом выполнена с учетом применения межсезонных складов (с наличием или отсутствием промежуточных складов) для наиболее типичных условий Республики Беларусь, применяемых систем машин, вида покрытия площадки склада, особенностей хранения древесного топлива.

2. На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований выполнено имитационное моделирование функционирования межсезонного склада древесного топлива

(с учетом наличия промежуточных складов), которое позволило установить, что:

- вероятности переполнения склада древесным топливом и отсутствия его на складе резко снижаются с ростом относительной вместимости склада до 3,5–4,5 среднемесячных объемов поступления на него сырья, при которой практически обеспечивается устойчивая и эффективная работа энергообъекта;

- экстремальное значение целевой функции удельных эксплуатационных затрат также достигается при наличии межсезонного запаса более 3,5 среднемесячных объемов производства;

- для мини-ТЭЦ, расположенных на юге Беларуси, оптимальная относительная вместимость склада древесного топлива будет меньше на 15–20%, чем для котельных отраслевых или региональных предприятий;

- с учетом существенных затрат на содержание склада потребителя основную часть межсезонного запаса целесообразно размещать на промежуточных складах, что позволит в 2–2,2 раза снизить годовые затраты на его содержание.

Литература

1. Государственная программа строительства энергоисточников на местных видах топлива в 2010–2015 годах: утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 19.07.2010. – Минск, 2010. – 33 с.
2. Республиканская программа энергосбережения на 2011–2015 годы: утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 24.12.2010. – Минск, 2010. – 80 с.
3. Официальный сайт Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mlh.by>. – Дата доступа: 07.10.2011.
4. Леонов, Е. А. Модель склада древесного топлива / Е. А. Леонов // Труды БГТУ. – 2011. – № 2: Лесная и деревообр. пром-сть. – С. 135–139.
5. Леонов, Е. А. Оптимизация вместимости склада межсезонного хранения древесного топлива / Е. А. Леонов, А. С. Федоренчик // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды III Междунар. евразийского симпози. / под науч. ред. В. Г. Новоселова. – Екатеринбург, 2008. – С. 62–66.

Поступила 15.03.2012